

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

کنترل آلودگی هوا
غبارگیرهای ته نشینی گرانشی
(سیکلون)

دکتر احمد نیک پی
عضو هیات علمی دانشگاه علوم پزشکی قزوین
گروه بهداشت حرفه ای
تاریخ انتشار پاییز ۱۳۹۲
nikpey@gmail.com

منبع

- مهندسی کنترل آلودگی هوا، نوئل دنورز، فصل هشتم
- مهندسی کنترل آلودگی هوا، دیوید کوپر، فصل چهارم
- http://aerosol.ees.ufl.edu/aerosol_trans/section07.html

اهداف آموزشی

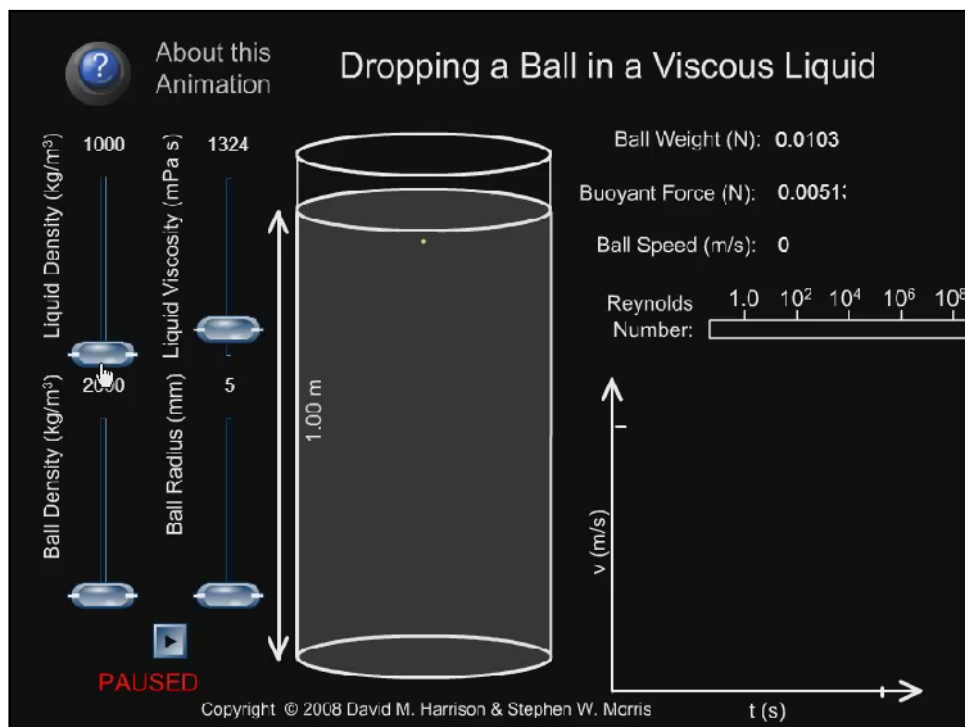
- معرفی سیکلون
- آشنایی با انواع سیکلون
- آشنایی با قانون ته نشینی استوک و کاربرد آن در طراحی سیکلون
- مبانی طراحی سیکلون ها
- معرفی قطر حد

Electromagnetic Wave		← x-Ray →	← UV →	← Vis →	← Infrared →	← Microwaves →				
Definition	Solid Liquid	← Fume →	← Mist →	← Dust →	← Spray →					
Soil		← Clay →	← Silt →	← Sand →	← Gravel →					
Atmospheric		← Smog →	← Cloud/Fog →	← Mist →	← Rain →					
Typical Particles		← Viruses →	← Bacteria →	← Human Hair →	← Beach Sand →					
Size Analysis Method		← Electron Microscope →	← Microscope →	← Sieving →						
Gas Cleaning		← Ultrasonics →	← Centrifugal →	← Settling Chamber →						
		← Liquid Scrubber →	← Air Filter →	← Impact Separators →						
		← HE Air Filter →	← Thermal Separators →	← Electrostatic Separators →						
Diffusion Coeff. cm ² / s	Air Water	5×10 ⁻² 5×10 ⁻⁶	5×10 ⁻⁴ 5×10 ⁻⁷	10 ⁻⁵ 5×10 ⁻⁸	3×10 ⁻⁷ 5×10 ⁻⁹	2×10 ⁻⁹ 5×10 ⁻¹⁰	2×10 ⁻¹⁰ 5×10 ⁻¹¹	2×10 ⁻¹¹ 5×10 ⁻¹²	5×10 ⁻¹³	
Terminal (S=2) Velocity cm / s	Air Water	10 ⁶ 10 ⁻¹⁰	1.5×10 ⁻⁵ 6×10 ⁻⁹	2×10 ⁻⁴ 6×10 ⁻⁷	7×10 ⁻³ 6×10 ⁻⁵	0.6 6×10 ⁻³	50 0.6	600 12	2.5×10 ³ 58	
		10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻¹	10 ⁰	10 ¹	10 ²	10 ³	10 ⁴
		Particle Diameter, μm								

اساس طراحی: قانون ته نشینی استوک

$$V = \frac{(\rho_p - \rho_g)d^2g}{18\eta}$$

$$10 \leq d \leq 1\mu\text{m} \text{ و } Re < 1$$



ذره ای با سرعت ۶۰ ft/s و شعاع ۱ فوت در حرکت است. نسبت نیروی سانتریفوژ به نیروی جاذبه وارده بر آن چقدر است؟

$$\text{نیروی سانتریفوژ} = \frac{mv^2}{r}$$

$$\frac{\text{نیروی سانتریفوژ}}{\text{نیروی جاذبه}} = \frac{mv^2/r}{mg} = \frac{(60\text{ft/s})^2(1\text{ft})}{32.2\text{ft}} = 111.8$$

با جایگزینی g در معادله ته نشینی استوک با
نیروی گریز خواهیم داشت

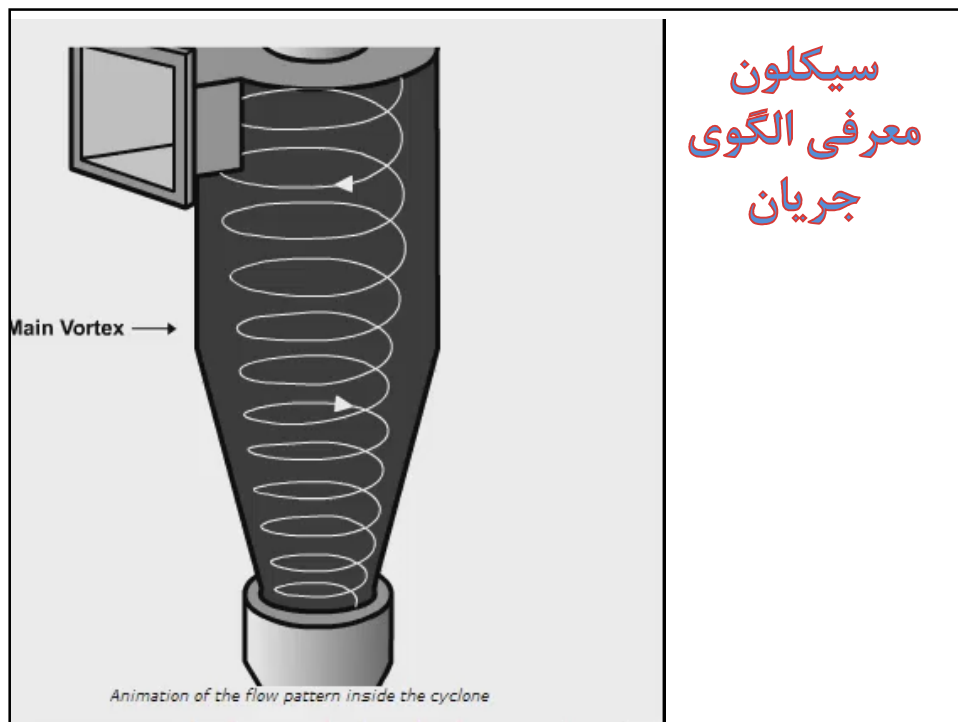
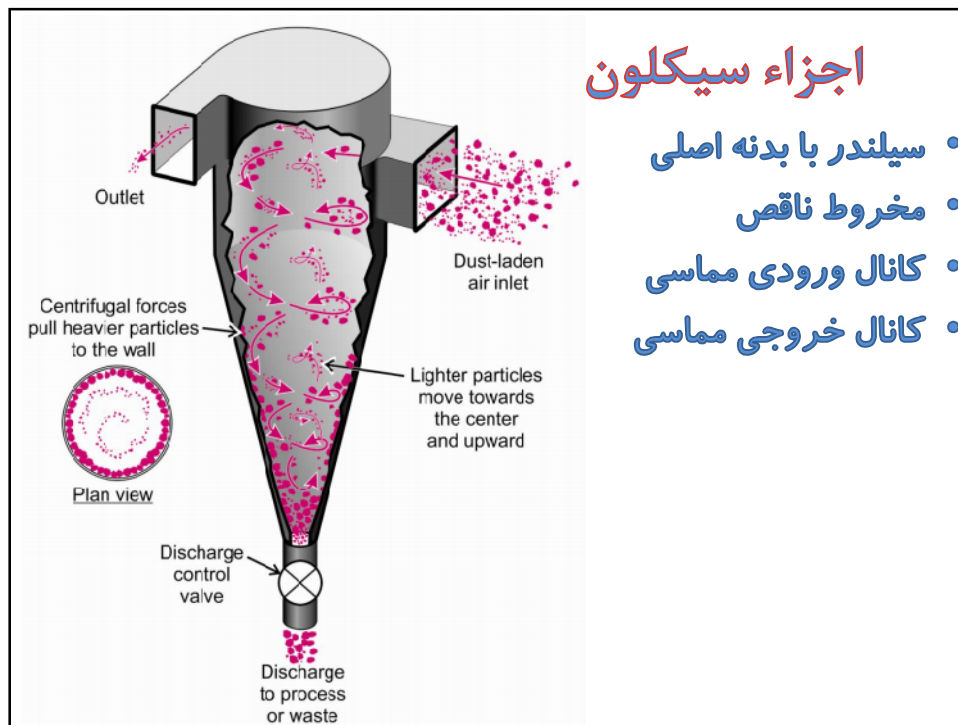
$$V_{TS} = \frac{\rho_p d^2 V_c^2}{18 \eta r}$$

سرعت ته نشینی ذره یک میکرونی با دانسیته 2g/cm^3 را در جریان هوایی
با سرعت 18.29m/s و شعاع چرخش 0.348m را تعیین کنید.

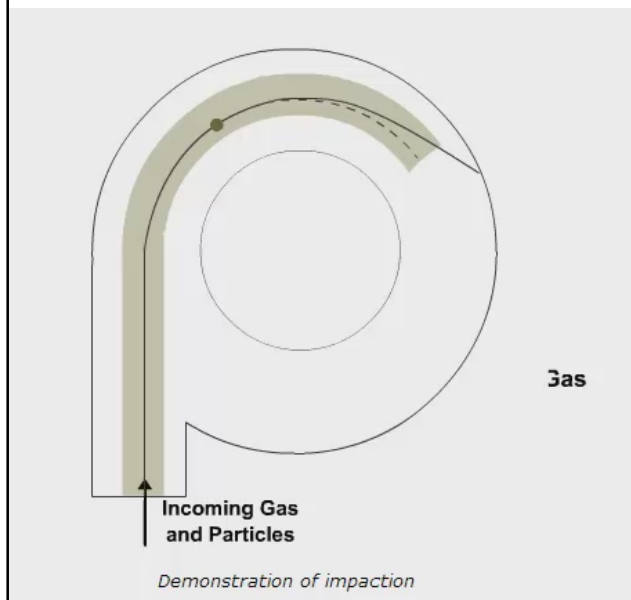
$$\begin{aligned} V_{TS} &= \frac{2000(10^{-6})^2(18.29\text{m/s})^2}{18(1.8 \times 10^{-5}\text{kg/m.s})(0.3048\text{m})} \\ &= 0.0068\text{m/s} \end{aligned}$$

سیکلون

- توسط نیروی گریز از مرکز، ذرات بزرگ تر از پنج میکرومتر را از جریان هوا جدا می کند.
- کاربرد گسترده به عنوان غبارگیر یا پیش تصفیه غبارگیرهای کیسه ای، ونتوری و فیلترهای الکترواستاتیک به علت:
- نداشتن قطعه متحرک
- پایین بودن هزینه های مصرف انرژی، ساخت، عملیات و نگهداری

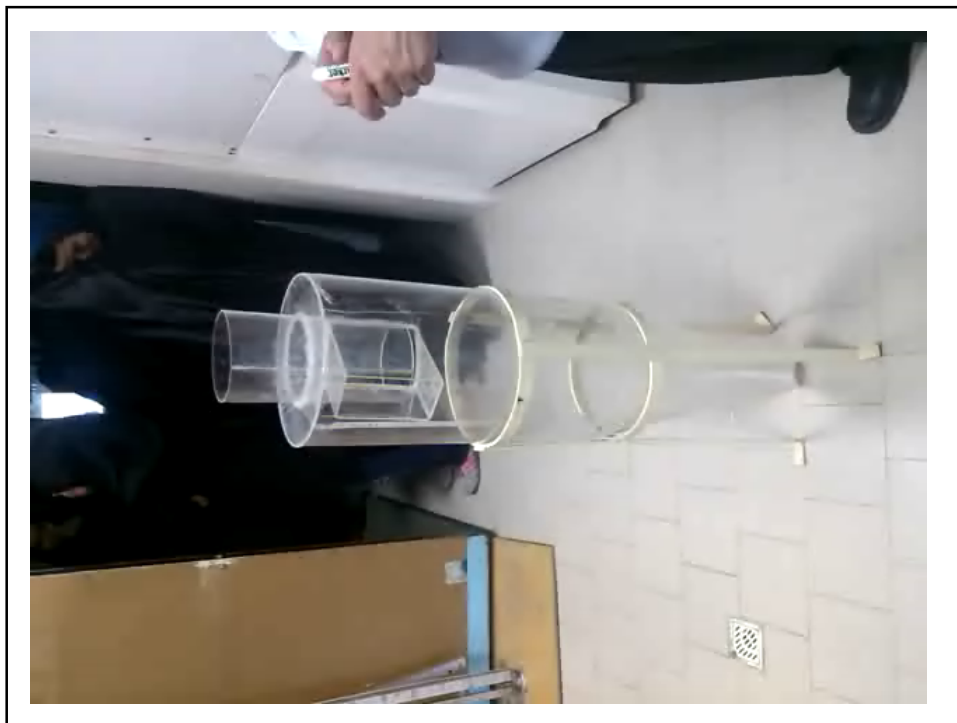


سیکلون مکانیزم برخورد



چند نوع سیکلون





انواع سیکلون

سیکلون های راندمان بالا

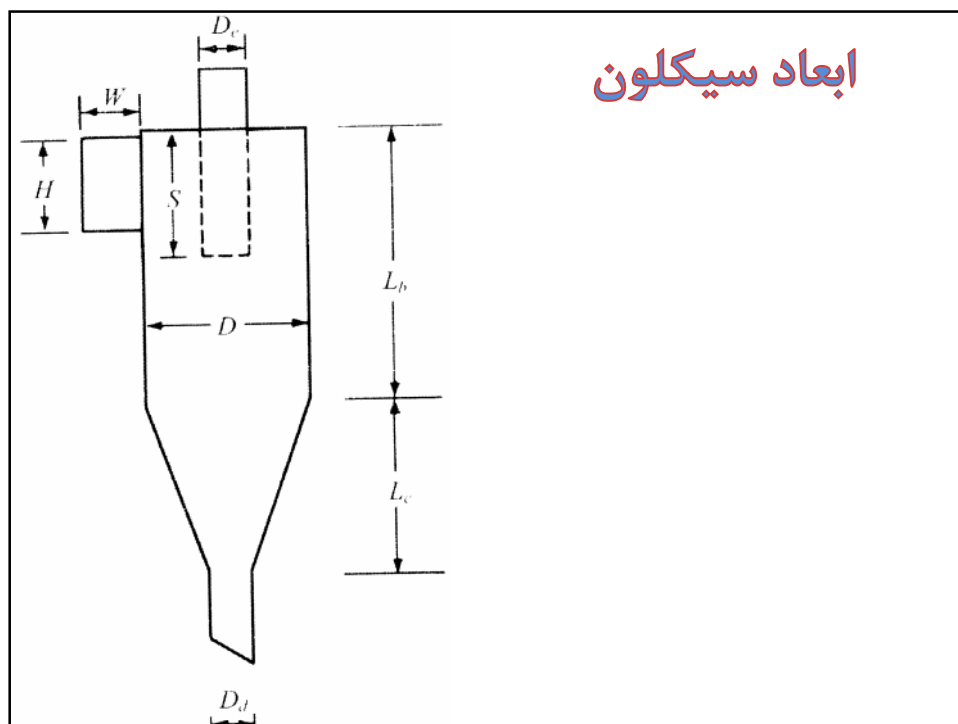
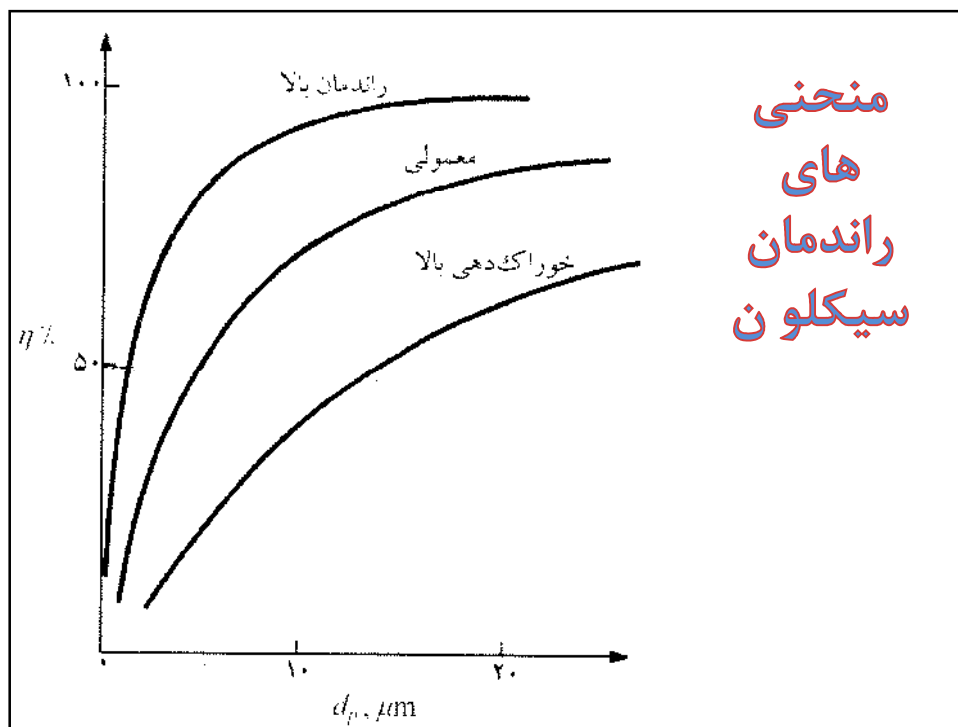
- افت فشار نسبتاً زیاد، راندمان ۶۰ تا ۹۵ درصد برای ذرات با قطر ۱۰ میکرون

سیکلون ها با خوراک دهی بالا

- افت فشار نسبتاً پایین، راندمان حدود ۱۰ تا ۴۰ درصد برای ذرات با قطر ۱۰ میکرون

سیکلون های مرسوم

- افت فشار مابین دو گروه فوق، راندمان ۳۰ تا ۹۰ درصد برای ذرات با قطر ۱۰ میکرون



ابعاد سیکلون		کارایی بالا		کارایی معمولی		خوراک دهی بالا	
پارامتر		Swift	Stairmand	Swift	Shephard & Lapple	Swift	Stairmand
قطر بدنه (D/D)		1	1	1	1	1	1
ارتفاع ورودی (H/D)		0.44	0.5	0.5	0.5	0.75	0.8
عرض ورودی (W/D)		0.2	0.21	0.25	0.25	0.375	0.35
قطر کانال خروجی (De/D)		0.4	0.5	0.5	0.5	0.75	0.75
طول رو به پایین کانال خروجی (S/D)		0.5	0.5	0.625	0.6	0.875	0.85
ارتفاع استوانه (L _b /D)		1.4	1.5	2	1.75	1.5	1.7
ارتفاع مخروط (L _c /D)		2.5	2.5	2	2	2.5	2
ارتفاع کلی		4	3.9	4	3.75	4	3.7
قطر دهانه خروجی ذرات (Dd/D)		0.375	0.4	0.25	0.4	0.375	0.4

مبانی جداسازی ذرات در سیکلون

$$L = N\pi D_o$$

$$N = \frac{1}{H} \left[L_b + \frac{L_c}{2} \right]$$

- D_o : قطر خارجی سیکلون
- N : تعداد چرخش های موثر
- H : ارتفاع کانال ورودی (m یا ft)
- L_b : طول استوانه سیکلون (m یا ft)
- L_c : ارتفاع مخروط سیکلون (m یا ft)

مبانی جداسازی ذرات در سیکلون

$$t = \frac{N\pi D_o}{V_i}$$

$$V_t = W / t$$

- V_i : سرعت جریان مماسی در ورودی به سیکلون (m/s , ft/s)
- V_t : سرعت ته نشین حد (m/s , ft/s)

راندمان حذف سیکلون

$$\eta_{\text{جریان قالبی}} = \frac{N\pi D_o V_t}{W_i V_{\text{متوسط}}}$$

$$\eta_{\text{جریان قالبی}} = \frac{N\pi D^2 V_c \rho_{\text{ذره}}}{9W_i \eta}$$

$$\eta_{\text{جریان اختلاطی}} = 1 - \exp \left(- \left(\frac{N\pi D^2 V_c \rho_{\text{ذره}}}{9W_i \eta} \right) \right)$$

رابطه کارایی - قطر را برای سیکلونی با
 $VC=18\text{ft/s}$, $Wi=0.15\text{m}$ و $N=5$ ، با دانسیته ۲۰۰۰
 کیلوگرم بر متر مکعب را بر اساس مدل جریان قالبی
 و اختلاطی محاسبه کنید؟

$$\eta_{\text{جریان قالبی}} = \frac{N\pi D^2 V_c \rho_{\text{ذره}}}{9W_i \eta} = \frac{5\pi \times (10^{-6}\text{m})^2 \times \left(\frac{18.18\text{m}}{\text{s}}\right) \times \left(\frac{2000\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}{9 \times (0.15\text{m}) \times (1.8 \times 10^{-5}\text{kg/m.s})}$$

$$= 0.023$$

رابطه کارایی - قطر

اندازه ذره (میکرومتر)	η جریان قالبی	η جریان اختلاطی	اندازه ذره (میکرومتر)	η جریان قالبی	η جریان اختلاطی
۰,۱	0.000232	0.000232	۶,۵۵	1	0.632
۱	0.023	0.023	۱۰	-	0.902
۲	0.93	0.0888	۱۵	-	0.995
۳	0.209	0.189			
۴	0.372	0.311			
۵	0.582	0.441			

قطر حد

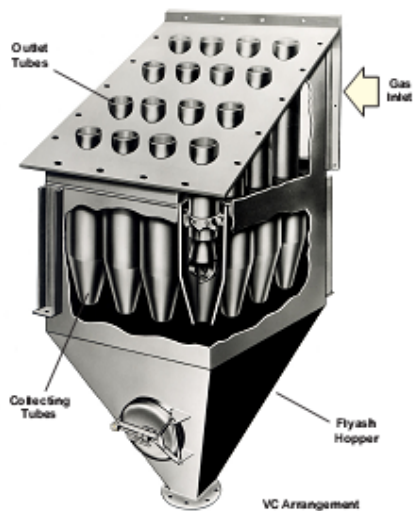
$$D_{\text{جریان قالبی}} = \left[\frac{9W_i\eta}{2N\pi V_c \rho_{\text{ذره}}} \right]^{0.5}$$

قطر حد را برای سیکلونی با عرض ورودی ۰.۵ فوت، $V_c=60\text{ft/s}$, $N=5$ تعیین کنید؟

$$D_{\text{جریان قالبی}} = \left[\frac{9 \times (0.5\text{ft}) \times (1.8 \times 10^{-5}\text{kg/m.s})}{2\pi \times 5 \times (60\text{ft/se}) \times 2000} \right]^{0.5}$$

$$= 4.6 \times 10^{-6}\text{m} = 5\mu$$

افزایش کارایی سیکلون



افت فشار سیکلون

- افت فشار مستقل از نوع و غلظت گرد و غبار
- تا ۳ اینچ آب در سیکلون های با کارایی پایین
- تا ۸ اینچ آب در سیکلون های با کارایی بالا
- افزودن سیکلون به سیستم با کاستن از بار رسیده به غبار گیر اصلی مانع از افت فشار کلی سیستم می شود.

متشکرم